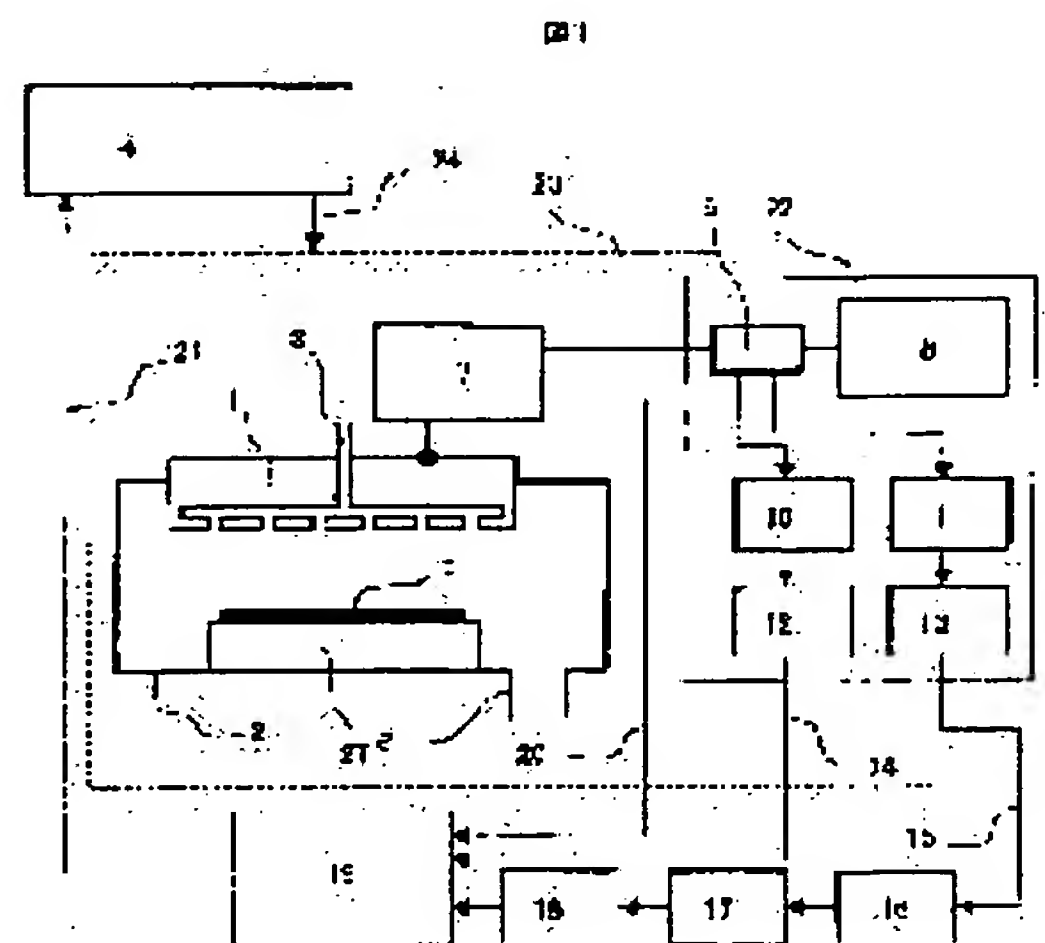


(11)Publication number : 2003-173973  
(43)Date of publication of application : 20.06.2003

H01L 21/205  
B01J 3/00  
B01J 19/08  
C23C 16/52  
H01L 21/3065  
H05H 1/00

(72)Inventor : EDAMURA MANABU  
IKENAGA KAZUYUKI  
MAKINO AKITAKA  
YAMAMOTO HIDEYUKI

**SOLUTION:** The apparatus 23 for plasma treating a semiconductor wafer 5 which places a wafer stage 27 comprises a treating gas introducing means 3, a vacuum chamber 2 having the wafer stage 27 for placing an exhaust means 6 and a semiconductor wafer, and a plasma generating means 1 for generating a plasma in the chamber 2 by supplying a high-frequency power into the chamber 2. The apparatus 23 further comprises a sensor 9 for electrically or optically measuring the state amount of the apparatus to detect the abnormal plasma discharge based on the differentiated value 17 of the output of the sensor.



2006/04/28

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-173973  
(P2003-173973A)

(43) 公開日 平成15年6月20日 (2003.6.20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-コ-ト (参考)
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	4 G 0 7 5
B 0 1 J 3/00		B 0 1 J 3/00	J 4 K 0 3 0
	19/08		H 5 F 0 0 4
C 2 3 C 16/52		C 2 3 C 16/52	5 F 0 4 5
H 0 1 L 21/3065		H 0 5 H 1/00	A
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-370226(P2001-370226)

(22) 出願日 平成13年12月4日 (2001.12.4)

(71) 出願人 501387839

株式会社日立ハイテクノロジーズ  
東京都港区西新橋一丁目24番14号

(72) 発明者 枝村 学

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 池永 和幸

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(74) 代理人 100078134

弁理士 武 顯次郎

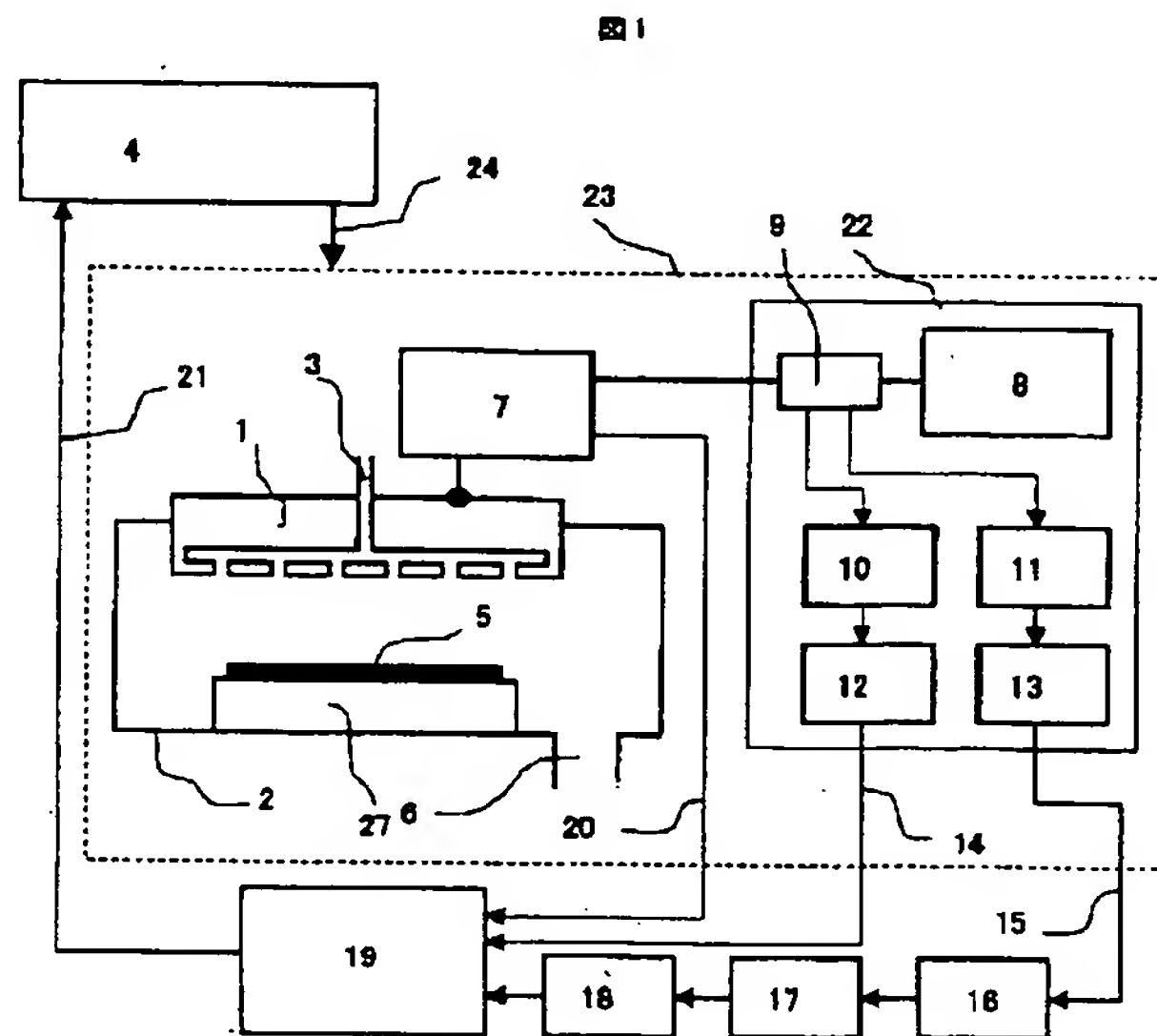
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置及び処理方法

(57) 【要約】

【課題】 異常放電発生時にプラズマ処理を停止してプラズマ処理不良の発生を防止する。

【解決手段】 処理ガス導入手段3、排気手段6及び半導体ウエハを載置するウエハステージ27を備えた真空チャンバ2と、該真空チャンバ2内に高周波電力を供給して前記真空チャンバ内にプラズマを発生させるプラズマ生成手段1を備え、前記ウエハステージ27に載置した半導体ウエハ5にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置23において、該処理装置23は、処理装置の状態量を電氣的あるいは光学的に測定するセンサ9を備え、該センサ出力の微分値17をもとにプラズマ放電の異常を検出する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 処理ガス導入手段、排気手段及び半導体ウエハを載置するウエハステージを備えた真空チャンバと、  
該真空チャンバ内に高周波電力を供給して前記真空チャンバ内にプラズマを発生させるプラズマ生成手段を備え、  
前記ウエハステージに載置した半導体ウエハにプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、  
該処理装置は、処理装置の状態量を電気的あるいは光学的に測定するセンサを備え、該センサ出力の微分値をもとにプラズマ放電の異常を検出することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 処理ガス導入手段、排気手段及び半導体ウエハを載置するウエハステージを備えた真空チャンバと、  
該真空チャンバ内に高周波電力を供給して前記真空チャンバ内にプラズマを発生させるプラズマ生成手段を備え、  
前記ウエハステージに載置した半導体ウエハにプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、  
真空チャンバ内に供給する高周波電力の反射電力を測定するセンサを備え、該センサ出力の微分値をもとにプラズマ放電の異常を検出することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】 請求項1ないし請求項2の何れか1の記載において、  
プラズマ放電の異常は、センサ出力の所定時間内における最大値が予め設定した正の設定値よりも大きく、且つ前記所定時間内における最小値が予め設定した負の設定値よりも小さいときに異常と判定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項4】 処理ガス導入手段、排気手段及び半導体ウエハを載置するウエハステージを備えた真空チャンバと、  
該真空チャンバ内にインピーダンス整合手段を介して高周波電力を供給して前記真空チャンバ内にプラズマを発生させるプラズマ生成手段を備え、  
前記ウエハステージに載置した半導体ウエハにプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、  
真空チャンバ内に供給する高周波電力の反射電力を測定するセンサの検出信号と、前記インピーダンス整合手段の変動を示す信号をもとにプラズマ放電の異常を検出することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項5】 処理ガス導入手段、排気手段及び半導体ウエハを載置するウエハステージを備えた真空チャンバと、  
該真空チャンバ内にインピーダンス整合手段を介して高周波電力を供給して前記真空チャンバ内にプラズマを発生させるプラズマ生成手段を備え、

前記ウエハステージに載置した半導体ウエハにプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、  
真空チャンバ内に供給する高周波電力の反射電力を測定するセンサの検出信号と、前記インピーダンス整合手段を構成する素子の容量変動を示す信号をもとに、  
高周波電力の反射波の時間的な変動が大きく、かつ前記整合手段の容量変動を示す信号の時間的な変動が小さい場合にプラズマ放電の異常と判定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項6】 処理ガス導入手段、排気手段及び半導体ウエハを載置するウエハステージを備えた真空チャンバと、  
前記ウエハステージに高周波バイアス電圧を供給するバイアス用電源と、  
該真空チャンバ内にインピーダンス整合手段を介して高周波電力を供給して前記真空チャンバ内にプラズマを発生させるプラズマ生成手段と、  
前記真空チャンバ内のプラズマ発光を検出する光検出器とを備え、  
前記ウエハステージに載置した半導体ウエハにプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、  
前記バイアス用電源に係る信号及び前記光検出器の検出信号をもとにプラズマ放電の異常を検出することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項7】 請求項1ないし請求項6の何れか1の記載において、プラズマ放電の異常を検出する異常放電検出手段は検出信号を収集するデータ収集手段を備え、収集手段に収集した正常放電時の収集データと比較することにより異常放電の発生を予測することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項8】 処理ガス導入手段、排気手段及び半導体ウエハを載置するウエハステージを備えた真空チャンバと、  
該真空チャンバ内に高周波電力を供給して前記真空チャンバ内にプラズマを発生させるプラズマ生成手段を備え、  
前記ウエハステージに載置した半導体ウエハにプラズマ処理を施すプラズマ処理方法において、  
真空チャンバ内に供給する高周波電力の反射電力を測定するセンサを備え、該センサ出力の微分値をもとにプラズマ放電の異常を検出し、該検出信号に基づき、警報の発報、処理中のプラズマ処理の停止、あるいは次以降の被処理物のプラズマ処理の停止の何れかを選択処理することを特徴とするプラズマ処理方法。

**【発明の詳細な説明】**

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はプラズマ処理装置及び処理方法に係り、特にプラズマ放電の異常（不安定放電を含む）に基づくプラズマ処理不良の発生を防止することのできるプラズマ処理装置等に関する。



## 【0002】

【従来の技術】CVD（化学的蒸着法）あるいはエッチング等のプラズマ処理装置においては、近年の半導体デバイスの微細化に対応して、ウエハ内に均一な処理結果が得られるプロセス条件の許容幅（プロセスウインドウ）が年々狭くなってきている。このためプラズマ処理装置は、より完全なプロセス条件での運用が望まれる。また、前記プロセス条件は、1枚のみでなく多数のウエハの処理期間に渡って安定していることが要求される。

【0003】一般に、プロセス条件は、処理を重ねるにしたがって発生した反応生成物の付着等によって変動する。CVD（化学的蒸着法）あるいはエッチングにおいては、処理を重ねるにしたがって発生した反応生成物の付着等によってチャンバの状態が変化し、徐々にプラズマ処理の条件が変化する。例えば、チャンバに付着した反応生成物によってパーティクルが発生し、また、プラズマ処理中に解離種の組成、プラズマの電位あるいは密度等が変化する。

【0004】以下、パーティクルの発生について具体的に述べる。通常、プラズマ処理を行う真空チャンバには、表面をアルマイト処理したアルミニウム等が用いられる。プラズマ処理を重ねて行くと前記アルマイト層上に反応生成物の堆積膜が生成される。この堆積膜の表面は、プラズマ中の電子によってチャージアップされやすくなっており、堆積膜表面の電子が過大な量となる。この電子がバルクプラズマ中に放出されることにより堆積膜が剥がれると、これらはダストとなってプラズマ中に放出される。このようなダストの一部はウエハ上に飛来し、プラズマ処理不良をもたらす。また、プラズマ中に異常放電が発生すると、ウエハ上の半導体素子がチャージアップし、過大な電流が流れることによって素子が破壊されることもある。更に、前記反応生成物の堆積膜によって、プラズマとチャンバの間の電気抵抗あるいは静電容量が変化したり、チャンバ表面における反応バランスが変わってプラズマ中の解離種の組成が変化することがある。この場合は、プラズマ放電自体が変化してプラズマの不安定を生じ、また、プラズマ処理の不良を引き起こす。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】前述のような異常放電やプラズマ不安定に起因するトラブルを未然に防ぐためには、堆積膜がある厚さ以上になる前に真空チャンバの洗浄等のメンテナンスを行うのが一般的である。しかしながら、メンテナンスを行うタイミングを正確に把握することは困難である。仮に、早めにメンテナンスを行うようにしても、プラズマ処理の履歴によっては、前記早めのメンテナンス周期内に異常放電や放電不安定による処理不良が発生する可能性は避けられない。

【0006】本発明は、これらの問題点に鑑みてなされたもので、異常放電発生時にプラズマ処理を停止してプ

ラズマ処理不良の発生を防止することのできるプラズマ処理装置を提供する。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の課題を解決するために次のような手段を採用した。

【0008】処理ガス導入手段、排気手段及び半導体ウエハを載置するウエハステージを備えた真空チャンバと、該真空チャンバ内に高周波電力を供給して前記真空チャンバ内にプラズマを発生させるプラズマ生成手段を備え、前記ウエハステージに載置した半導体ウエハにプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、該処理装置は、処理装置の状態量を電気的あるいは光学的に測定するセンサを備え、該センサ出力の微分値をもとにプラズマ放電の異常を検出する。

## 【0009】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施形態を示す図である。プラズマ処理装置23におけるプラズマ処理部は、高周波電力発生手段（マイクロ波発生手段を含む）からの電力供給を受けてプラズマを生成するプラズマ生成手段1（例えば、高周波電圧が供給される電極等）、真空チャンバ2、真空チャンバにガスを導入する手段3、排気手段6などから構成される。また、真空チャンバの前記プラズマが生成される部分にはウエハステージ27を備え、該ウエハステージ上には、図示しない搬送システムによって搬入したウエハを載置する。また、プラズマ生成手段1には、インピーダンス整合手段7を介して、高周波電力発生手段8が電気的に接続されている。

【0010】高周波電力発生手段8と整合手段7との間には、伝達される高周波の進行波電力及び反射波電力を検出するための方向性結合器9が設置されている。方向性結合器からは、高周波電力発生手段が発生する周波数の進行波電力及び反射波電力に比例した電圧波形が出力される。進行波電力及び反射波電力に比例した電圧波形は、それぞれ検波回路10及び11によって検波される。次いで、これらの検波出力は、それぞれ増幅回路12及び13によって適正な電圧に増幅された後、進行は電力に比例した電圧信号14及び反射は電力に比例した電圧信号15となって出力される。

【0011】ここで図2は方向性結合器から出力される反射波電力の波形50を示す図、図3は反射波電力の検波後の波形55を示す図である。

【0012】前記方向性結合器9、検波回路10及び11及び増幅回路12及び13は、通常、高周波電力発生手段8を含む電源システム22に内蔵されており、アナログ出力として、前記信号14、15が出力されていることが多い。

【0013】図4は、プラズマに異常放電が発生した場合における検波後の波形60を示す図である。図に示すように、種々のノイズを含んでいる。そこで第1のロー

パスフィルタ16によって、高周波成分やノイズを取り除くことによって、図5に示すような信号65が得られる。

【0014】次に、信号65を微分回路17に供給して一次微分を行う。一次微分を得るには、様々な方法があるが、S. J Orfanidis: "Introduction to Signal Processing": Prentice Hall (1996)に記載されているSavitzky-Golay平滑化微分法を用いることにより、図6に示すような、ノイズの影響の比較的少ない一次微分値信号70を得ることができる。

【0015】一次微分信号70には若干のノイズ変動を含んでいるので、第2のローパスフィルタ18をかけることにより、図7に示すような、最終的に異常放電の判別に用いる信号75が得られる。

【0016】異常放電を検出する異常放電検出回路19には、反射波電力を示す信号15をローパスフィルタ16、18及び微分回路によって処理した信号と、進行波電力を示す信号14及びインピーダンス整合手段の変動を示す信号20が入力される。

【0017】インピーダンス整合手段7は、処理する周波数によってその形態が異なるが、高周波帯ないしUHF帯の整合器においては、内部に2つないし3つの可変コンデンサを有しており、これらの可変コンデンサの容量を変化させることによりインピーダンス整合をとる。したがって、前記インピーダンス整合手段の変動を示す信号20は高周波帯ないしUHF帯の整合器においては、前記可変コンデンサの容量を示す信号とすることができる。

【0018】なお、前記電源システム22を含むプラズマ処理装置23の全体は、制御システム4によって制御され、ウエハステージ27上に載置されるウエハに対して順次プラズマ処理が施される。

【0019】図8は、異常放電検出回路19の動作を示すフローチャートである。まず、検出回路は、進行波電力信号Pf（信号14）を常時モニタしており、信号14が予め設定した値Pf0より大きい場合、プラズマ処理が開始されたものとして、動作を開始する（ステップ1）。検出回路は一定時間ごと（この場合は5秒毎）に、整合器に内蔵された3個の可変コンデンサの容量の変動の最大値 $\Delta C_{max}$ 、進行波電力信号Pfの変動 $\Delta Pf$ をチェックし（ステップ2）、これらの変動が、予め設定した値 $\Delta C_0$ 、 $\Delta Pf_0$ より大きい場合、プラズマの着火直後や処理ステップの切り替えなどの際中であるとして、異常放電の検出処理を行わない（ステップ4）。そうでない場合、プラズマがある程度安定した（異常放電や不安定が無いという意味ではない）状態であると判断し、異常放電の検出を開始する（ステップ5）。まず5秒間の反射波信号を図4ないし図7で説明したように、ローパスフィルタ16、Savitzky-Golay平滑化微分回路17、第2のローパスフィルタ18によって処理し（ステップ

5、6、7、8）、図7に示したような信号75（最終的に異常放電の検出に用いる信号）を得る。

【0020】次いで、前記5秒間における信号75の最大値 $\alpha$ （正）、最小値 $\beta$ （負）を判断の基準とし、最大値 $\alpha$ 、最小値 $\beta$ が、予め設定した値 $\alpha_0$ 、及び $\beta_0$ に対して、 $\alpha > \alpha_0$ 、かつ $\beta < \beta_0$ を満たしたとき、反射波の変動が異常に大きいとみなして、異常放電であると判断する（ステップ9、10）。ここで、 $\alpha > \alpha_0$ 、かつ $\beta < \beta_0$ であることを異常放電の有無の判断に使用するのには、反射波が“増えて減る”、あるいは“減って増える”のが異常放電に特有な反射波の変動パターンであるからである。例えば、前記5秒間中にただ大きく減少した場合は、 $\beta < \beta_0$ を満たすが、 $\alpha > \alpha_0$ を満たさないため、安定放電と判断できる（ステップ11）。

【0021】図8に示したフローチャートにおいては、5秒間といった一定時間毎に異常放電の有無を判断したが、図7に示すように、まず最初の5秒間の処理を行った後、次に来る5秒間の処理を行っても良いし、あるいは、図9に示すように、ある時刻から5秒間さかのぼった時刻までの信号の履歴を用いて連続的に異常放電の有無を判断する処理を行っても良い。

【0022】異常放電検出回路19によって異常放電が発生したと判断した場合、異常放電検出信号21を制御システム4に出力する。制御システム4は、直ちにプラズマ処理を停止することができる。なお、発生した異常放電の程度によってはプラズマ処理に対して重大な影響を与えない場合もあるため、処理中のウエハはそのままプラズマ処理を実行し、次以降のウエハのプラズマ処理を中断してもよい。あるいは警報を発報してもよい。

【0023】以上の説明においては、プラズマの異常放電を検出するための信号としてプラズマ生成用高周波電力の反射波を用いていたが、本発明は反射波に限定されることなく、プラズマ処理状態を示す電気的あるいは光学的な信号の全てが利用可能である。

【0024】また、プラズマの異常放電を検出するための信号としては、プラズマ生成用高周波電力の反射波の外に他の手段からの検出信号を組み合わせて利用することができる。

【0025】例えば、インピーダンス整合手段7の変動を示す信号20（可変コンデンサの容量を示す信号）等を利用することができる。この場合は検出した高周波電力の反射波の時間的な変動の程度が大きく、かつ前記整合手段の変動を示す信号20の時間的な変動の程度が小さい場合に異常放電が発生したと判別することができる。

【0026】図10は、他の実施形態を示す図である。なお、図において図1に示される部分と同一部分については同一符号を付してその説明を省略する。プラズマ処理装置においては、被処理物に入射するイオンエネルギーを制御するために、プラズマ生成用電源とは別の高周



波電源31（以下、バイアス用電源と呼ぶ）が、バイアス用整合器30を介して被処理物を載置するウエハステージ27に接続される。図10では、プラズマ生成用の高周波電力の反射波に替えて、このバイアス用電源31のピーク電圧32、DC成分33、反射電力34等のバイアス用電源に係る信号を第1のローパスフィルタ16に供給する。ローパスフィルタ16、微分回路17及び第2のローパスフィルタ18はこれらの信号をフィルタ及び微分処理を行った後、異常放電検出回路19に供給する。異常放電検出回路はこれらの信号、あるいはこれらの信号と前記インピーダンス整合手段7の変動を示す信号20（可変コンデンサの容量を示す信号）等を利用することにより、プラズマ生成用電力の反射波を検出する場合と同様にプラズマの不安定や異常放電を検出することが可能である。

【0027】また、真空チャンバに設けた光検出器28によって得られたプラズマ発光を検出し、検出したプラズマ発光を分光及び信号増幅ユニット29を介して分光し、この分光信号を第1のローパスフィルタ16、微分回路17及び第2のローパスフィルタ18を介して異常信号検出回路に供給するようにしても上記と同様にプラズマの異常放電を検出することが可能である。

【0028】図11は、さらに他の実施形態を示す図である。なお、図において図1に示される部分と同一部分については同一符号を付してその説明を省略する。

【0029】図において、データ収集部25は制御システム4からプロセスレシビデータ信号26を受信することにより、真空チャンバに供給するガス流量、電力、ガス圧力等、プラズマ処理に必要なプロセスレシビデータを常時収集する。また、進行波電力、反射波電力、インピーダンス整合手段の変動を示す信号も同様に収集する。

【0030】異常放電検出回路19は、これら全てのデータを常時監視する。全く同じプロセスレシビにおいて、既に処理したウエハに対するこれらの処理信号の履歴信号に対して、新たに行ったプラズマ処理信号が大きく異なる場合はこれを検出し、制御システム4に異常信号を送り、ユーザに警告を発する。あるいは、処理実行中のウエハのプラズマ処理もしくは処理実行中のウエハの次以降のウエハのプラズマ処理を停止する。

【0031】図1に示す例においては、予め異常放電を判断するための適切なパラメータ（ $\alpha 0$ 、 $\beta 0$ ）を設定しておく必要があるが、この例においては、プロセスレシビデータと、たとえば反射波電力の変動を示す信号データとを蓄積し、正常な処理をおこなったときの履歴データと現在行っている処理信号とを比較をすることにより、異常放電発生の検出あるいは予測を行うことができる。

【0032】以上説明したように、真空チャンバへの反応生成物の堆積に伴う異常放電を速やかに検知すること

ができる。また、この検知に基づき、例えばプラズマ処理を中断し、パーティクル、チャージアップダメージ、プロセスのシフト等に起因するプラズマ処理不良を防止することができる。従って、全体としてのプラズマ処理性能、および装置の稼働率が向上し、微細なエッチング加工や、高品質な成膜加工、表面処理加工等が可能となる。

#### 【0033】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、異常放電発生時にプラズマ処理を停止してプラズマ処理不良の発生を防止することのできるプラズマ処理装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態にかかるプラズマ処理装置を示す図である。

【図2】方向性結合器から出力される反射電力の波形を示す図である。

【図3】反射電力の検波後の波形を示す図である。

【図4】プラズマに異常放電が発生した場合の検波後の波形を示す図である。

【図5】ローパスフィルタによる処理後の波形を示す図である。

【図6】一次微分信号を示す図である。

【図7】異常放電の判別に用いる信号の波形を示す図である。

【図8】異常放電検出回路の動作を示すフローチャートである。

【図9】履歴を用いて行う異常放電の判別を説明する図である。

【図10】他の実施形態を説明する図である。

【図11】さらに他の実施形態を説明する図である。

#### 【符号の説明】

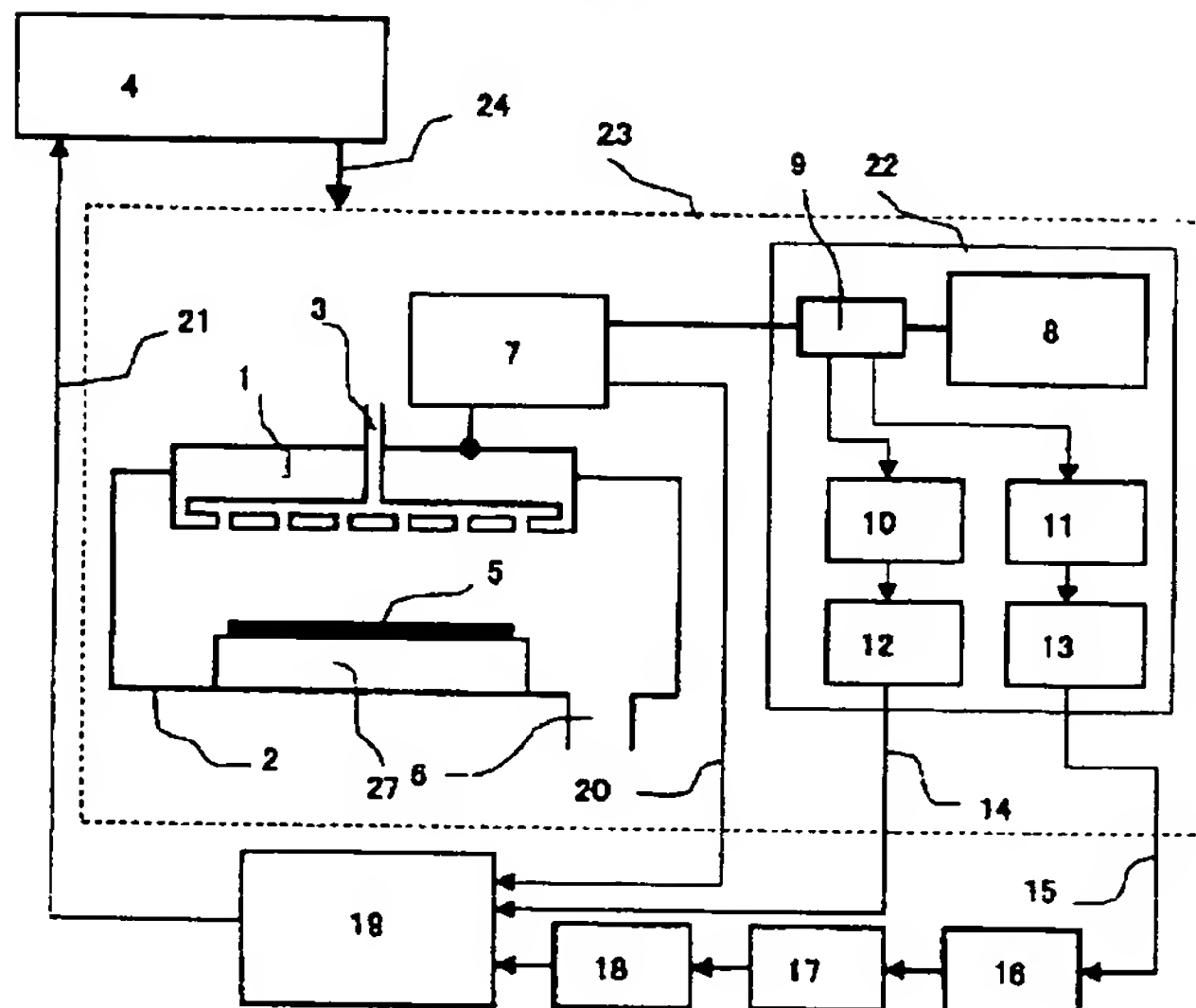
- 1 プラズマ生成手段
- 2 真空チャンバ
- 3 ガス導入手段
- 4 プラズマ処理装置の制御システム
- 5 半導体ウエハ
- 6 排気手段
- 7 インピーダンス整合器
- 8 高周波電力発生手段
- 9 方向性結合器
- 10, 11 検波回路
- 12, 13 増幅回路
- 16 第1のローパスフィルタ
- 17 一次微分回路
- 18 第2のローパスフィルタ
- 19 異常放電検出回路
- 22 電源システム
- 23 プラズマ処理装置
- 25 データ収集部

27 ウエハステージ  
28 光検出器  
29 分光及び信号増幅ユニット

30 バイアス用整合器  
31 バイアス用高周波電源

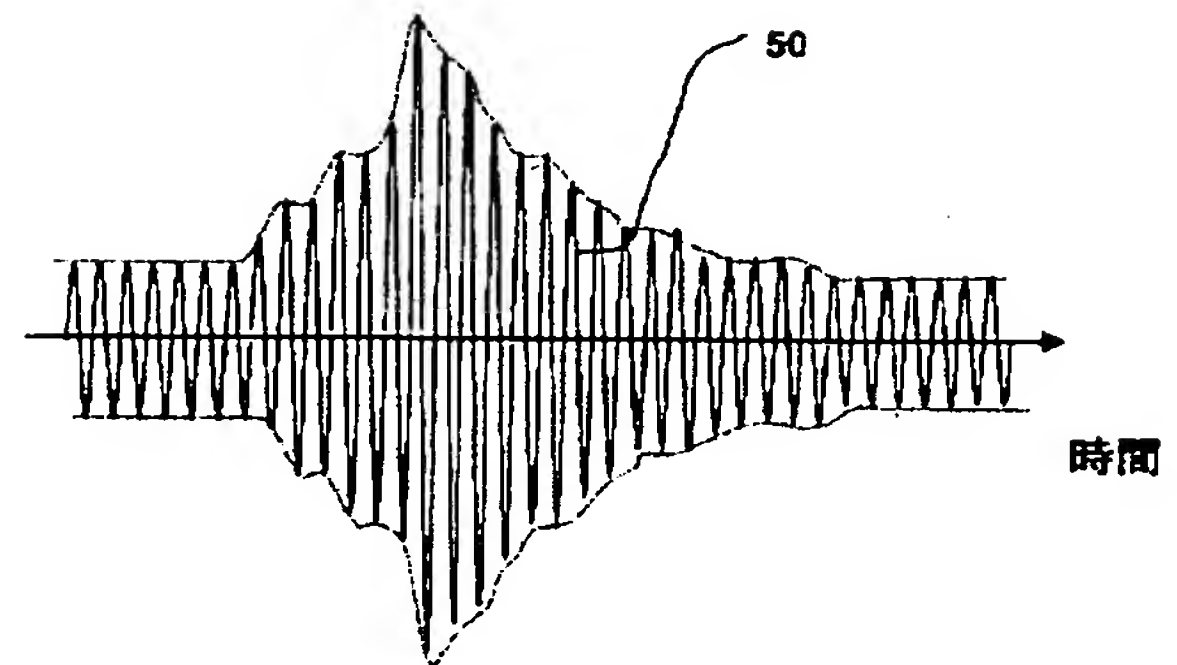
【図1】

図1



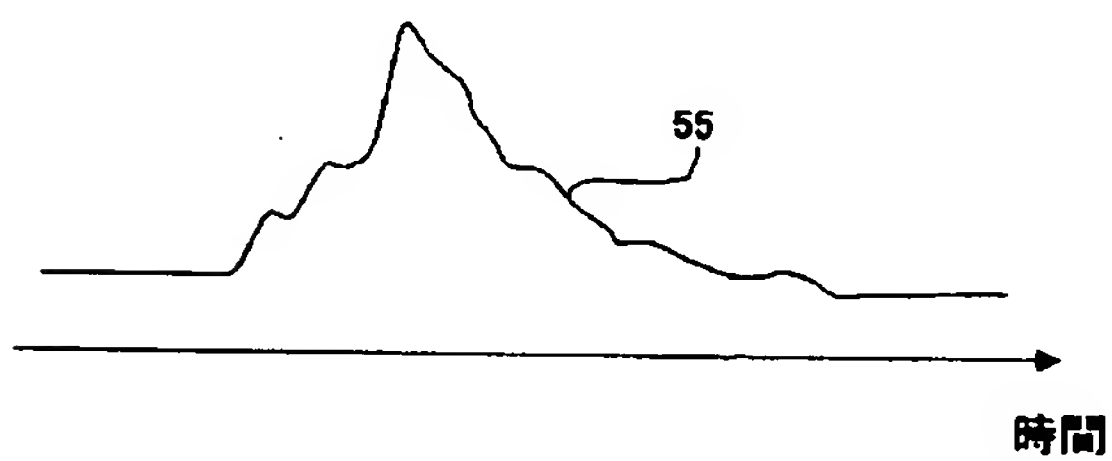
【図2】

図2



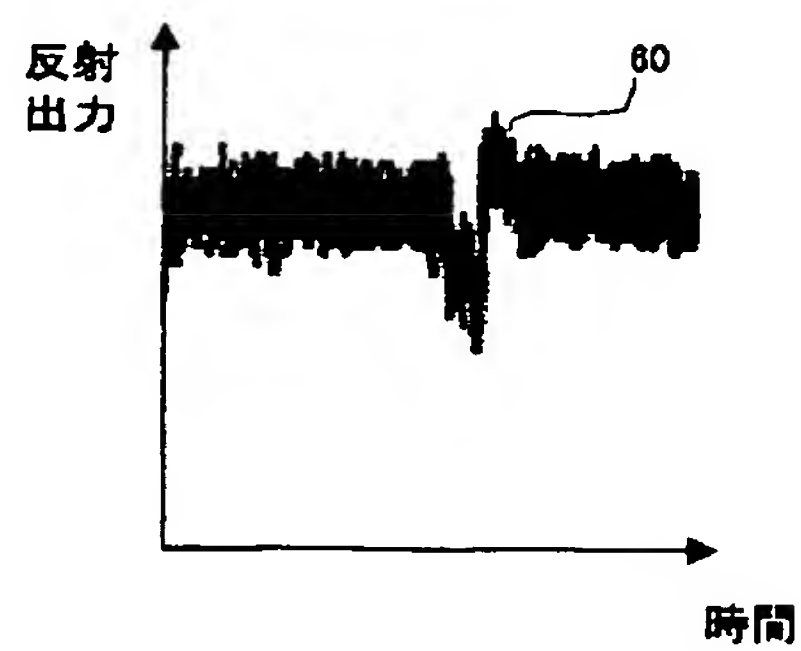
【図3】

図3



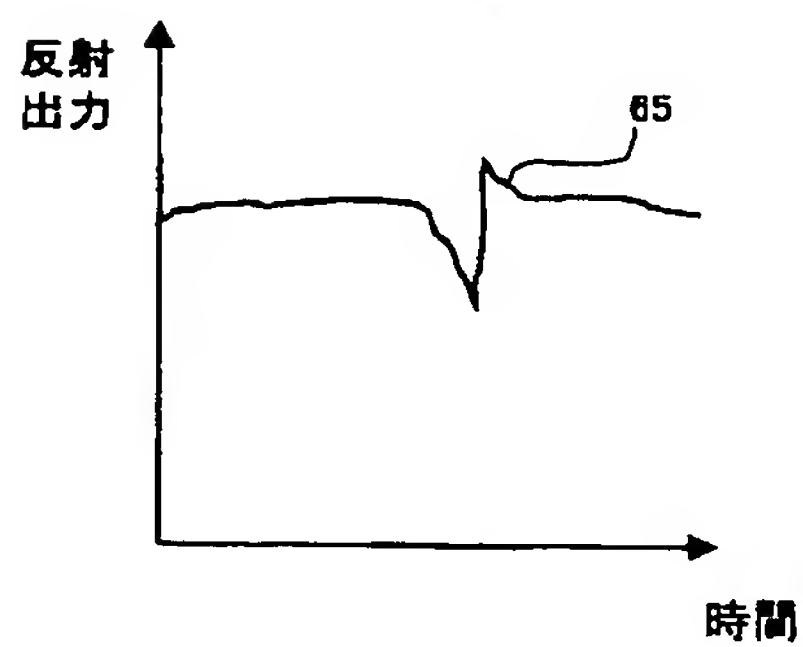
【図4】

図4



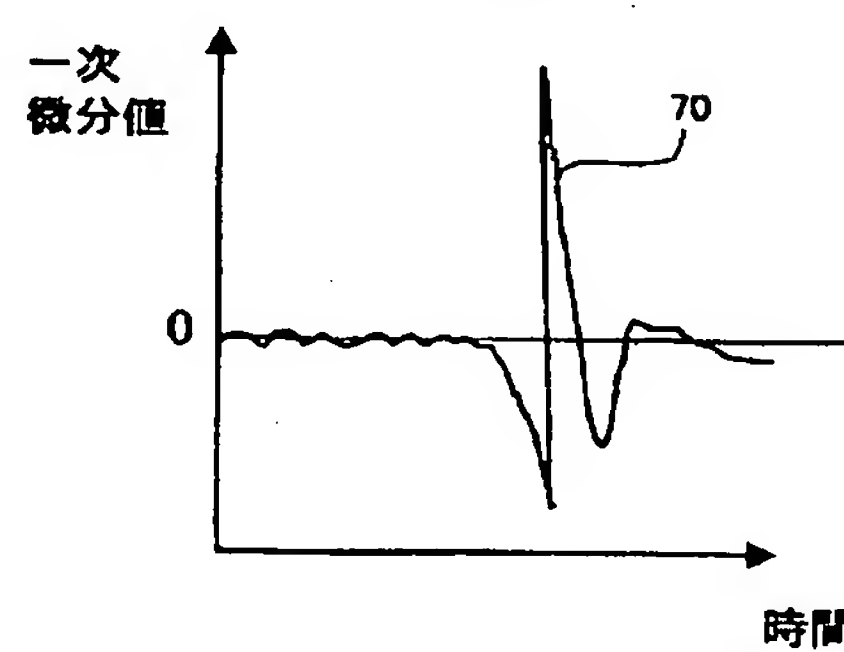
【図5】

図5

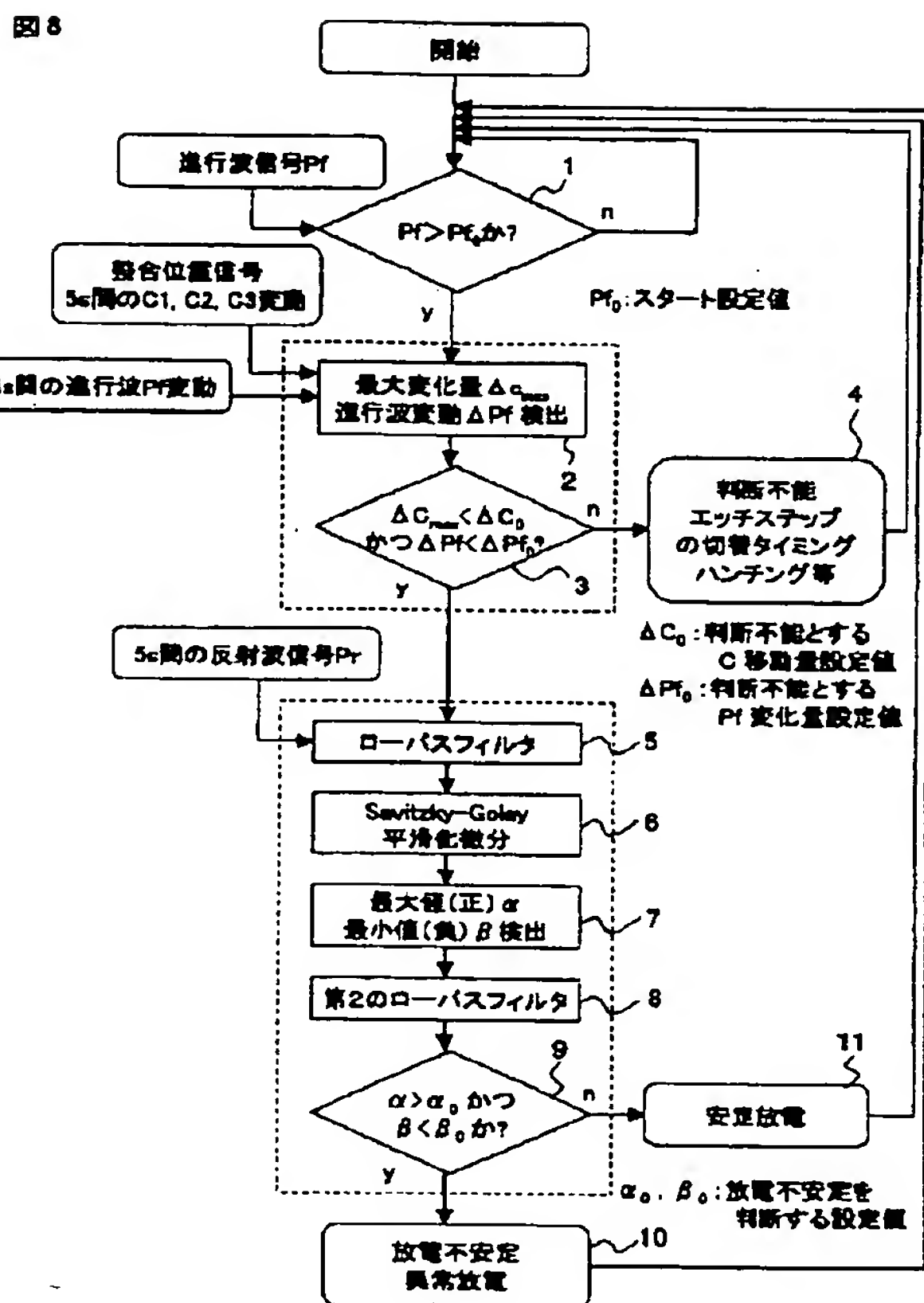


【図6】

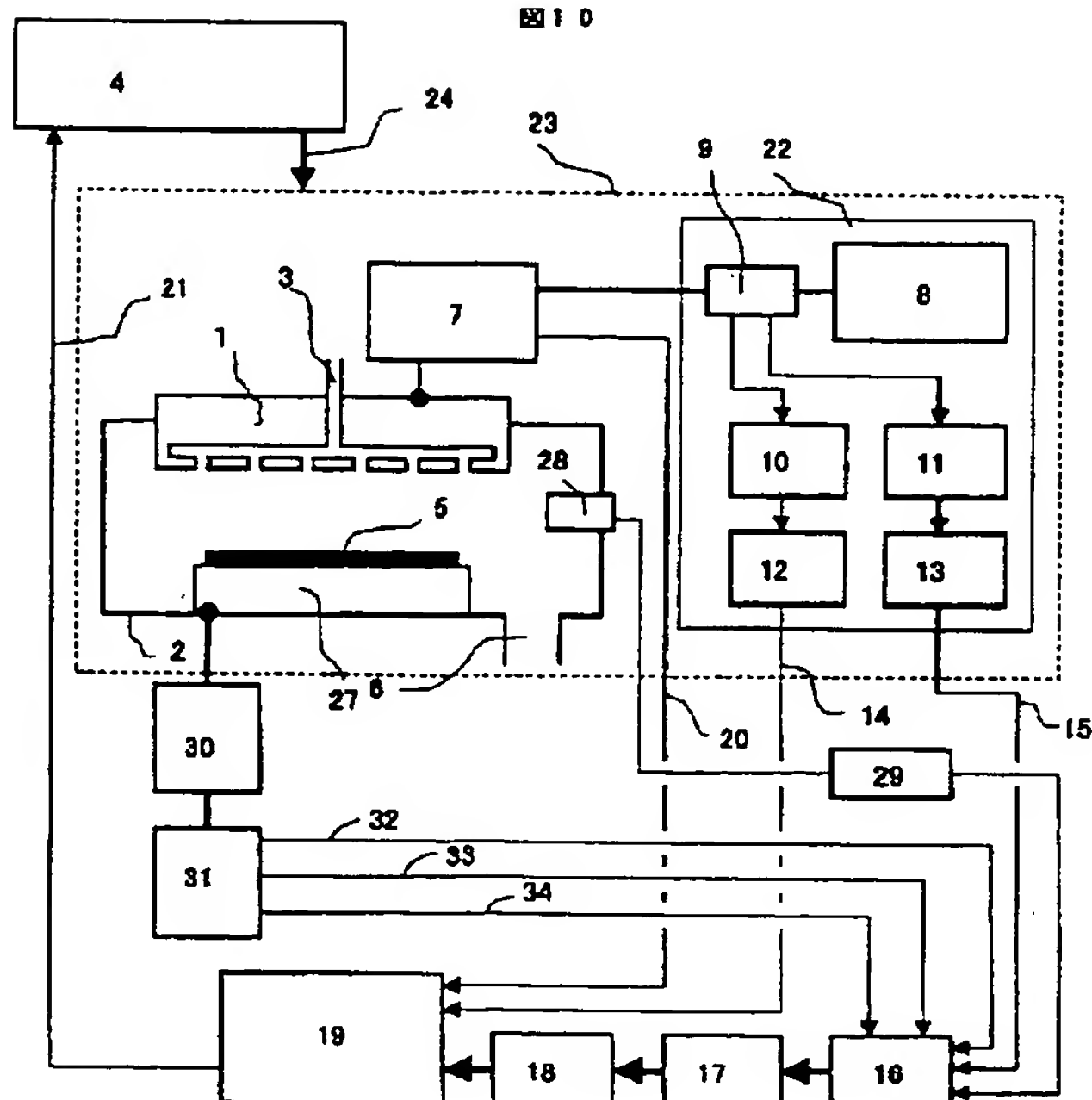
図6



【圖 8】



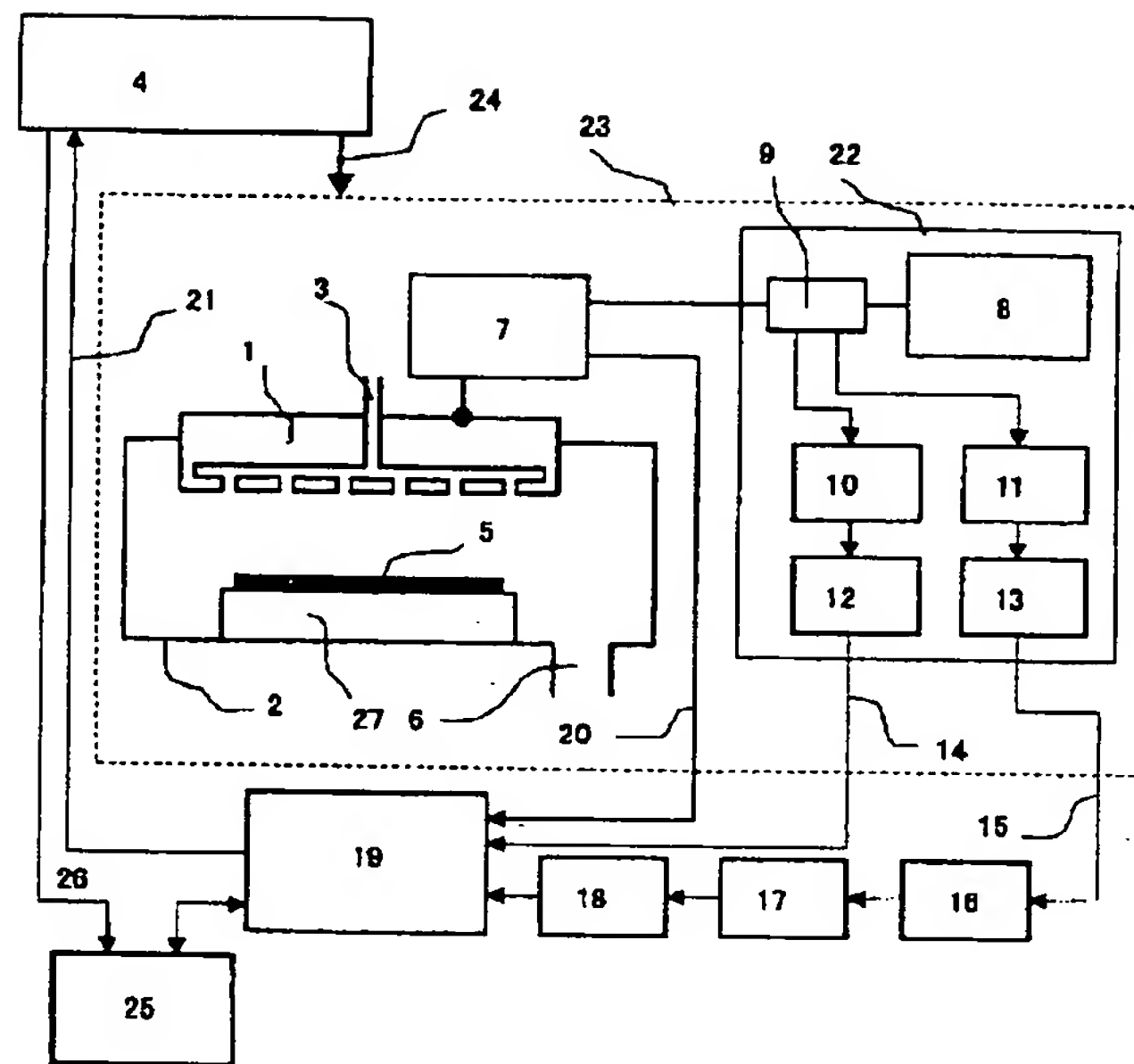
【图 10】





【図11】

図11



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

H05H 1/00

識別記号

F I

H01L 21/302

テームコード (参考)

E

(72) 発明者 牧野 昭孝

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会  
社日立ハイテクノロジーズ設計・製造統括  
本部笠戸事業所内

(72) 発明者 山本 秀之

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会  
社日立ハイテクノロジーズ設計・製造統括  
本部笠戸事業所内

F ターム (参考) 4G075 AA24 AA30 AA42 AA70 BC04  
BC06 BD14 CA15 CA25 CA47  
CA65 DA01 EB01 EB41  
4K030 FA01 HA12 KA39  
5F004 BA04 BB11 BB18 BD03 CB05  
CB09  
5F045 AA08 BB20 DP03 EH14 GB08  
GB15 GB16